

**MONTAJE Y PROGRAMACION DE UN PLC ALLEN BRADLEY  
EN EL EQUIPO DE COLOR ELCOSAN**

**CARLOS ANTONIO ALVAREZ RODRIGUEZ**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE  
FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO DE ENERGETICA Y MECANICA  
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRICA  
SANTIAGO DE CALI  
2006**

**MONTAJE Y PROGRAMACION DE UN PLC ALLEN BRADLEY  
EN EL EQUIPO DE COLOR ELCOSAN**

**CARLOS ANTONIO ALVAREZ RODRIGUEZ**

**Pasantía para optar el título de  
Ingeniero Eléctrico**

**Director  
HEBERT GONZALEZ  
Ingeniero Eléctrico**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE  
FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO DE ENERGETICA Y MECANICA  
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRICA  
SANTIAGO DE CALI  
2006**

**Nota de aceptación:**

**Aprobado por el Comité de Grado  
en cumplimiento de los requisitos  
exigidos por la Universidad  
Autónoma de Occidente para optar  
al título de Ingeniero Eléctrico.**

**HEBERT GONZALEZ**

---

**Director**

**Santiago de Cali, junio 21 de 2006**

## **CONTENIDO**

	<b>Pag.</b>
<b>RESUMEN</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>9</b>
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>11</b>
<b>2. MARCO TEORICO</b>	<b>12</b>
<b>3. ANTECEDENTES</b>	<b>14</b>
<b>4. OBJETIVOS</b>	<b>15</b>
<b>4.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS</b>	<b>15</b>
<b>5. JUSTIFICACIÓN</b>	<b>16</b>
<b>6. METODOLOGÍA</b>	<b>17</b>
<b>7. DESARROLLO DEL PROYECTO</b>	<b>18</b>
<b>8. PRESUPUESTO</b>	<b>26</b>
<b>9. FINANCIACION</b>	<b>27</b>
<b>10. CONCLUSIONES</b>	<b>28</b>
<b>11. RECOMENDACIONES</b>	<b>29</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>30</b>

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Presupuesto para el Proyecto	26

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Equipo Elcosan	10
Figura 2. Gabinete de Conexiones Eléctricas de Potencia	21
Figura 3. Panel de Alarmas Gabinete de Potencia	22
Figura 4. Tiristores Etapa de Potencia	22
Figura 5. Transformador Etapa de Potencia	23
Figura 6. Gabinete Eléctrico de Programas	23
Figura 7. Doble Fondo PLC Allen Bradley	24
Figura 8. Gabinete Eléctrico de Mando	24
Figura 9. Tanque de Proceso	25

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Programa del PLC - Diagrama en Escalera del PLC	31
Anexo 2. Resumen Formato IEEE	41

## **RESUMEN**

El equipo ELCOSAN genera una salida de 0 a 36 voltios en dos fases, la primera fase es de voltaje DC y la segunda fase es de voltaje AC, ambas con unas rampas de tiempo y voltaje programables por el operario. Si el color no fue el deseado se puede agregar una etapa de corrección, que consiste en darle mas tiempo a la fase de AC

Para llevar a cabo la marcha del equipo se introduce los perfiles dentro del tanque de proceso, por medio de un polifasto, si la solución química no esta entre 25° C y 28° C, el equipo no da inicio. Igualmente, si los contactos en el tanque de trabajo no están cerrados accionando un interruptor de presión a 100 psi. Si estas condiciones iniciales se cumplen se pasa a revisar los paneles de alarmas de los gabinetes eléctricos de mando y potencia; si no existe ninguna anomalía el operario programa las rampas de voltajes y el tiempo de la primera fase en el gabinete de programas, como también el tiempo de la segunda fase en el gabinete de mando. Después de realizar este procedimiento se pulsa el botón de arranque y el PLC realiza toda la secuencia de control, si sucediese algún problema en la secuencia, se podría revisar fácilmente el programa del PLC en línea con un PC.

Finalmente el operario revisa los tonos de los perfiles y si fuese necesario corregir el color, se programa un tiempo de corrección adicional accionando el pulsador Corrección. Para volver a ajustar otras referencias o volver a repetir la secuencia simplemente se acciona el pulsador fin de programa.



## INTRODUCCIÓN

Como trabajo de grado se realizó una pasantía en el Área de Acabados de la empresa ALUMINA S.A., la cual consistió en el desarrollo de un proyecto para el cambio de la lógica cableada por lógica programada (PLC) en un equipo marca ELCOSAN, equipo que realiza el proceso de dar diferentes colores a los perfiles de aluminio según demanda el mercado.

El equipo ELCOSAN realiza un proceso de coloración electrolítica del Aluminio previamente Anodizado.

La tecnología ELCOSAN está basada en la aplicación de corriente DC/AC a un electrolito a base de estaño, cobre y manganeso en medio ácido sulfúrico.

El equipo ELCOSAN tiene las siguientes características:

Entrada: 440 Volt. 3 fases

Salidas: 0 -35 Volt. Regulable  
7000 Amp. AC  
ó 3000 Amp. DC

Potencia Eléctrica: 245 Kw

Un panel de programas donde se ajustan las distintas referencias (potenciómetros) para la regulación de la salida de voltaje (de 0 a 35 Volt.)

Un tanque de fibra de vidrio donde se procesa los perfiles entre un ánodo y un cátodo.

Una estación de control donde el operario ajusta el tiempo del proceso y da marcha o paro al equipo (ver figura 1)

Figura 1. Equipo Elcosan



## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El equipo ELCOSAN presenta un atraso tecnológico evidenciado por una lógica cableada controlada por más de 270 contactos y otros componentes de accionamiento eléctricos.

Esta cantidad de contactos de los relés hace que los tiempos de parada por fallas sean muy largos, además los mantenimientos, limpieza y cambios de estos por deterioro son muy frecuentes, aumentando los costos de mantenimiento y de producción por reprocesos del material.

El panel de Programas no tiene suficiente espacio para detectar fallas.

Las referencias para lograr los diferentes colores se ajustan por potenciómetros cuyas señales pasan a través de muchos contactos, generando el debilitamiento o pérdida de estas.

En el panel de control no existe espacio suficiente para realizar controles de variables nuevas que requiere el equipo para mejorar la calidad del producto.

No se tienen normalizadas las referencias de las señales de los potenciómetros para unos colores determinados ya que estas varían mucho y el operario tiene que hacer ajustes constantes.

La adición de los productos químicos y el control de temperatura de los tanques se hacen de forma manual.

## 2. MARCO TEORICO

El equipo ELCOSAN realiza un proceso de coloración electrolítica del Aluminio previamente Anodizado.

La tecnología ELCOSAN está basada en la aplicación de corriente DC/AC a un electrolito a base de Estaño, cobre y manganeso en ácido sulfúrico.

El equipo ECOLSAN esta conformado por:

Una fuente de potencia que proporciona un voltaje variable desde 0 voltios hasta 36 voltios en dos fases; la primera fase suministra un voltaje DC, el cual se encarga de preparar la capa anodica del aluminio y la segunda fase suministra un voltaje AC, durante la cual se deposita el electrolito a base de estaño en la capa anódica del perfil de aluminio. Los valores de salida de voltaje y el tiempo de duración son prefijados por el operario según el color que desean obtener.

El tanque de trabajo está fabricado en fibra de vidrio, en un extremo tiene un ánodo y en el otro un cátodo; este tanque contiene una solución química compuesta por: ácido sulfúrico, sulfato de estaño, estabilizadores y agua, dentro de cual se depositan los perfiles de aluminio, y por los cuales pasa una corriente generada por la fuente de potencia.

El panel de programa es un gabinete donde se ajustan las rampas y los tiempos del proceso por medio de potenciómetros.

La estación de mando donde el operario realiza el paro y arranque del equipo.

La secuencia de operación del equipo es la siguiente:

- Se verifica la temperatura del tanque  $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .
- Se introducen los perfiles de aluminio previamente ajustados a una barra principal
- Se cierran los contactos manualmente por un mando neumático.
- Se prefijan las rampas de voltajes de la primera y segunda fase por medio de unos potenciómetros ubicados en el armario de control.
- Se prefijan los tiempos de cada fase por medio de temporizadores.
- Los valores de las rampas y los tiempos definen el color del perfil de aluminio.

- Se da inicio al proceso por medio de un pulsador (marcha) y la secuencia de las rampas, los tiempos y las alarmas del sistema se realizan a través de la lógica cableada.
- El operario retira los perfiles mediante un polipasto y verifica el color con respecto a un patrón, si no se llega al color deseado se sumerge de nuevo los perfiles en el tanque y se da un tiempo de reposición hasta que el tono deseado.

### **3. ANTECEDENTES**

Actualmente los equipos de coloración que diseña y ofrece ALSAN, son comandados por un PLC, en la parte de control. Las referencias de voltajes y tiempos son ingresados como datos a través de una pantalla (interfase de operario), los cuales llegan a través de una red de comunicación al PLC.

La parte de potencia del equipo ELCOSAN no varía mucho, se ha ampliado la capacidad de corriente hasta 40.000 Amperios.

Para mejorar la uniformidad de los colores se realiza una programación electrónica adaptada especialmente a electrolitos con un PH entre 4 a 6.

También se da la opción por parte de la empresa ALSAN de realizar la repotencialización el equipo por medio de su personal técnico, pero este resulta muy costoso como se detalla en la justificación.

Para mejorar el proceso de Coloración en la Empresa Alúmina se ha aumentado la frecuencia de los mantenimientos preventivos para disminuir los tiempo de paros y reprocesos de material, pero no ha sido la solución óptima a los problemas presentados, por este motivo se optó por realizar este proyecto.

## 4. OBJETIVO GENERAL

Con el fin de mejorar la calidad del producto, disminuir los tiempos de paro y los mantenimientos correctivos y preventivos, se actualiza tecnológicamente el control del equipo ELCOSAN mediante la programación de un PLC Allan Bradley ,

**El alcance el proyecto era** realizar el programa y toda la documentación de la parte de control nueva. La parte del montaje correrá por cuenta del personal de Montajes de Proyectos de la empresa Alumina S.A.

### 4.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Estudiar la secuencia de control del equipo en lógica cableada
- Cambiar la lógica cableada por lógica programada en la etapa de control del equipo ELCOSAN
- Revisión de estado de toda la parte de potencia del equipo ELCOSAN
- Programar nuevas secuencias de control para mejorar la calidad en variables como temperatura y adición automática de químicos.
- Dejar todo el proyecto debidamente documentado así:
  - Diagrama de Potencia
  - Diagrama de Control
  - Programa del PLC
  - Manual de Funcionamiento

## 5. JUSTIFICACIÓN

En el Equipo ELCOSAN se procesan 300 toneladas de aluminio en el mes, de las cuales, por problemas eléctricos, se reprocesan 3 toneladas mensuales

El proceso de coloración de un Kilo de aluminio cuesta \$2.000, es decir \$2.000.000 la tonelada.

El costo del reproceso, por problemas eléctricos, asciende a \$6.000.000 por mes.

Si durante el reproceso se pierden las tolerancias de las medidas del perfil exigidas por el cliente, las pérdidas se aumentan. Estas pérdidas tienen un costo de \$10.600.000 por tonelada. El índice de pérdidas por este concepto es de 0.5 toneladas por mes.

El objetivo de tiempos perdidos en el Departamento de Mantenimiento es el 4% del total de las horas programadas por producción. Este objetivo no se cumple debido a las fallas eléctricas mencionadas con anterioridad. Actualmente este indicador se encuentra en un 10%.

La empresa ALSAN presentó la oferta para repontecializar el equipo, resultando muy costosa debido a:

- . Diseño del Programa - \$80.000.000
- . Montaje del Control y puesta en marcha - \$1.200.000 diarios
- . Tiempo estimado - 15 días
- . Tiquetes aéreos, alojamiento y transporte del técnico durante las pruebas

La repotencialización del equipo ELCOSAN representa grandes beneficios para la empresa en el mejoramiento de la calidad del producto, disminución de costos en el Área de Mantenimiento y Producción.

Beneficios específicos:

- Disminución de tiempos de paro por daños
- Disminución de mantenimientos preventivos y correctivos
- Mayor aprovechamiento de los productos químicos (evitar el desperdicio)
- Mayor productividad
- Normalización de referencia de colores
-



## **6. METODOLOGÍA**

- Recolectar toda la información del equipo ELCOSAN
- Verificar que los planos estén acorde a la secuencia real del equipo
- Consultar con el Fabricante (ALSAN) los cambios que se vayan a llevar a cabo
- Sacar listado de entradas y salidas
- Seleccionar el equipo apropiado para la aplicación
- Realizar la programación del autómata
- Revisión de estado de toda la parte de potencia del equipo ELCOSAN
- Simular el control de la programación
- Realizar documentación
- Realizar montaje del autómata
- Realizar pruebas

## 7. DESARROLLO O EJECUCION DEL PROYECTO

- Se recolectó la siguiente información del equipo ELCOSAN:

Planos eléctricos de control y potencia, plano número 9677

Manual de funcionamiento del equipo

Conexiones en borneras de: la caja de mandos, tablero de control y tablero de potencia

Manual de fallas del equipo

- Se verificó punto a punto toda la lógica cableada con los planos de control eléctrico, encontrando algunas modificaciones en el circuito de control que no quedaron documentadas en los planos. Se procedió a hacer la respectiva documentación.
- Se consultó con el Fabricante los cambios que se realizaron. Se hizo contacto con la persona encargada de la parte de diseño en controles eléctricos en ALSAN (España), Sr. Francisco Graña, quien no vio ningún inconveniente en el desarrollo del proyecto. Sin embargo hizo la siguiente recomendación:

Que se cambiara el panel de programas (potenciometros) por una interfase entre el operario y la máquina, para prefijar las referencias de los diferentes colores y tener un diagnóstico más amplio de alarmas y estado del equipo en general.

- Después de realizar los puntos anteriores y con un diagrama de control y potencia actualizado se definió el listado de entradas y salidas y se determinó cuantos módulos se necesitaron para el PLC, tal como se especificó en el presupuesto.

Otra consideración para seleccionar el tipo de módulo de salida que se necesitó, fue la potencia necesitada para activar los elementos finales de control y las salidas de voltaje de los módulos fueron escogidas en AC, como se especificó en el presupuesto.

- De acuerdo a los módulos determinados en el punto anterior se seleccionó el chasis apropiado para la aplicación y de acuerdo a la carga instalada entre los módulos y el chasis, se seleccionó la fuente. Después, se seleccionó un

sistema de comunicación Control Net, este sistema ya esta siendo utilizado en otros procesos.

- Posteriormente se hizo el pedido de los módulos requeridos para el PLC marca Allen Bradley a la empresa Melexa. Como Alumina ya contaba con licencias para programar el PLC, se procedió a la realización de este, tomando como base el plano de control eléctrico.

Durante la programación en RS Logix 5000, Versión 13.3, se conservó la misma documentación y numeración de los componentes de relevación de los planos de control eléctrico.

- Se revisó el estado de toda la parte de potencia del equipo ELCOSAN y a pesar que este ha sido muy estable, se encontraron las siguientes anomalías:
  - El tanque de trabajo donde se realiza el proceso de electrolisis era metálico revestido por un capa de fibra, porque se necesita que este sea totalmente aislado, pero por causa del tiempo y lo agresivo el área esta capa se fue deteriorando por la parte inferior del tanque. Se realizaron mediciones con un equipo de aislamiento marca Fluke a 500 voltios y se encontró que el tanque estaba aterrizado y no era recomendable repararlo con un nuevo revestimiento, porque según el personal técnico de ALSAN, debe ser totalmente plástico.

Esta sugerencia fue aceptada y el tanque se cambió, lo que generó un primer retraso en la realización del proyecto

- Se encontraron desgastados los contactos de la etapa de rectificación y las caras de los tiristores referencia SKT-1200/12, lo cual podría causar un daño en esta parte.

Se procedió a cambiar 4 tiristores ya que no realizaba un buen asentamiento y los ocho contactos correspondientes a las caras de los tiristores cambiados, se mandaron a rectificar.

Se tuvo en cuenta la recomendación del Sr. Graña, Técnico del ALSAN de comprar y aplicar una pomada de plata para aplicarle a las caras de los tiristores, con el fin de evitar el problema anterior.

- Las escobillas del transformador se encontraron muy desgastadas, a tal punto que el soporte de una de ellas estaba rozando con una de las bobinas del transformador y estaba deteriorando el aislamiento de ésta.

Se contacto con empresas que prestan el servicio de bobinado, como Transformadores de Colombia y Confecciones Eléctricas para reparar la bobina deteriorada. Estas empresas indicaron que no tenían los mecanismos para la reparación, teniendo que importar una desde España.

Por causa del desgaste de las escobillas el aceite en el cual esta inmerso el transformador se contaminó, motivo por el cual se tuvo que cambiar y hacer mantenimiento al todo el transformador en general.

La instalación de la bobina importada y el mantenimiento del transformador fue hecho por Transformadores de Colombia.

- Se hizo la simulación de la secuencia de los tiempos de los programas, operando bien.
- Se realizó toda la documentación del proyecto, de la siguiente manera:
  - Diagrama de Potencia
  - Diagrama de Control
  - Programa del PLC – Diagrama en Escalera del PLC (ver anexo 1)
  - Manual de Funcionamiento

El equipo ELCOSAN genera una salida de 0 a 36 voltios en dos fases, la primera fase es de voltaje DC y la segunda fase es de voltaje AC, ambas con unas rampas de tiempo y voltaje programables por el operario. Si el color no fue el deseado se puede agregar una etapa de corrección, que consiste en darle mas tiempo a la fase de AC

Para llevar a cabo la marcha del equipo se introduce los perfiles dentro del tanque de proceso, por medio de un polifasto, si la solución química no esta entre 25° C y 28° C, el equipo no da inicio. Igualmente, si los contactos en el tanque de trabajo no están cerrados accionando un interruptor de presión a 100 psi. Si estas condiciones iniciales se cumplen se pasa a revisar los paneles de alarmas de los

gabinetes eléctricos de mando y potencia; si no existe ninguna anomalía el operario programa las rampas de voltajes y el tiempo de la primera fase en el gabinete de programas, como también el tiempo de la segunda fase en el gabinete de mando. Después de realizar este procedimiento se pulsa el botón de arranque y el PLC realiza toda la secuencia de control, si sucediese algún problema en la secuencia, se podría revisar fácilmente el programa del PLC en línea con un PC.

Finalmente el operario revisa los tonos de los perfiles y si fuese necesario corregir el color, se programa un tiempo de corrección adicional accionando el pulsador Corrección. Para volver a ajustar otras referencias o volver a repetir la secuencia simplemente se acciona el pulsador fin de programa.

El equipo ELCOSAN tiene un tanque de proceso y tres gabinetes eléctricos distribuidos así:

- Gabinete de Conexiones Eléctricas de Potencia

En este gabinete se encuentra un panel de alarmas y toda la parte de potencia del equipo ELCOSAN, como los transformadores, los tiristores e interruptores (ver figura 2, 3, 4 y 5)

Figura 2. Gabinete de Conexiones Eléctricas de Potencia



Figura 3. Panel de Alarmas Gabinete de Potencia



Figura 4. Tiristores Etapa de Potencia



Figura 5. Transformador Etapa de Potencia



- Gabinete Eléctrico de Programas

En este gabinete se encuentran todos los potenciómetros para programar las rampas de voltajes y de tiempos del equipo. También queda ubicado el doble fondo donde esta instalado el PLC (ver figura 6 y 7)

Figura 6. Gabinete Eléctrico de Programas



Figura 7. Doble Fondo PLC Allen Bradley



- Gabinete Eléctrico de Mando

Está compuesto por: un panel de alarmas, los pulsadores de paro y arranque del equipo, un amperímetro análogo de 0 – 8000 Amp y un voltímetro análogo de 0 – 32 v. En este gabinete el operario selecciona los programas I, II ó III, ajusta los tiempos de la segunda fase y tiempos de corrección (ver figura 8)

Figura 8. Gabinete Eléctrico de Mando





- Tanque de Proceso

En este tanque se depositan los perfiles de aluminio para ser coloreado mediante un proceso electroquímico (ver figura 9)

Figura 9. Tanque de Proceso



- Se está esperando un espacio de tiempo para realizar el montaje ya que la empresa tiene muchos compromisos de producción.
- Realizar pruebas

## 8. PRESUPUESTO

Las consultas se pueden realizar con el personal de soporte técnico de MELEXA, empresa por medio de la cual se adquirirán los equipos.

Los servicios que se necesiten para realizar las consultas como fax, teléfono, Internet, correo se prestarán por parte de la empresa Alumina S.A., al igual que los gastos de transporte y alimentación (ver tabla 1).

Tabla 1. Presupuesto para el Proyecto

Equipos	Referencia	Marca	Cant.	Und.	Precio	Sub-Total
Chasis de 13 slots	1756-A13/8	Allen Bradley	1	UND	\$ 2.350.000	\$ 2.350.000
Módulo de 8 entradas	2756-IF8/A	Allen Bradley	2	UND	\$ 1.605.987	\$ 3.211.974
Módulo Flex I/O de 4 entradas análogas	1794-IF41	Allen Bradley	2	UND	\$ 1.750.118	\$ 3.500.236
Fuente Flex I/O 120 vac/24 VDC	1794-PS13	Allen Bradley	1	UND	\$ 325.128	\$ 325.128
Módulo de 16 entradas 24 VDC	1746-IB16	Allen Bradley	2	UND	\$ 515.705	\$ 1.031.410
Módulo Control Net BRIDGE	1756-CNBR	Allen Bradley	1	UND	\$ 3.091.000	\$ 3.091.000
Módulo de Comunicación dos canales DH+/RIO	1756-DHRIO	Allen Bradley	1	UND	\$ 2.773.000	\$ 2.773.000
Módulo de 4 salidas análogas de voltaje	1756-OF4	Allen Bradley	1	UND	\$ 1.800.000	\$ 1.800.000
Módulo Flex I/O de 8 entradas 24 VDC	1794-IB8	Allen Bradley	1	UND	\$ 1.600.000	\$ 1.600.000
Módulo de memoria	CAT 17712-MS	Allen Bradley	1		\$ 720.000	\$ 720.000
						<b>\$ 20.402.748</b>
Materiales	Referencia	Marca	Cant.	Und.	Precio	Sub-Total
Canaleta plástica con tapa	AK2-GA39	Telemecanique	6	UND	\$ 32.118	\$ 192.708
Cable No. 16 aislado, por 600 voltios, tramos de 100 metros			3	UND	\$ 282.000	\$ 846.000
Terminales de punta color negro y rojo para cable No. 16			30	UND	\$ 15.314	\$ 459.420
Anillos marcadores de letras y números			50	UND	\$ 2.571	\$ 128.550
						<b>\$ 1.626.678</b>
<b>TOTAL</b>						<b>\$ 22.029.426</b>

## **9. FINANCIACION**

En cuanto a la Financiación para este proyecto la empresa ALUMINA S.A. se hará cargo de todos los gastos.

## 10. CONCLUSIONES

- ✓ Se logró el alcance del proyecto, realizar el programa y probar la secuencia de control, se conservó en el programa los mismos comentarios y nombres de los elementos de relevación del plano eléctrico de control.
- ✓ Se debe tener en cuenta el tiempo de consecución de los repuestos importados, por ejemplo los tiristores de potencia, ya que los almacenes y representantes no manejan mínimos de almacén, a pesar que en el proyecto la mayor dificultad y retraso fue la construcción de la bobina que se encontró deteriorada durante la revisión del equipo. Esta fue fabricada en España por la empresa ALSAN ya que localmente no se pudo fabricar ni reparar.
- ✓ La idea de la empresa ALUMINA es realizar la automatización del proceso, instalar un sistema de control y adquisición de datos con una red de comunicación entre los diferentes procesos y equipos periféricos. No se realiza toda la automatización por motivos de recursos de dinero y disposición de tiempo de la máquina. Se empezó con la adquisición y programación del PLC. El próximo paso será adquirir y programar una interfaces con el operario.
- ✓ Las anomalías encontradas en la revisión de la etapa de potencia evitaron un daño severo en el equipo.
- ✓ El cambio del tanque de trabajo disminuyó los tiempos de proceso para todas las referencias, motivo por el cual se disminuyó el consumo de energía en la máquina, ya que se midió el consumo antes y después del cambio de tanque con un analizador de redes marca Circuitor.
- ✓ En la empresa ALUMINA existen dos equipos Elcosan se compararon, planos eléctricos y manuales de ambos equipos comprobando el mismo funcionamiento, por esta razón cuando la empresa tenga los recursos de tiempo y dinero se puede realizar el mismo proyecto para el otro equipo.

## **11. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda incluir en el mantenimiento preventivo de los equipos Elcosan, desarme y revisión de toda la etapa de potencia, con frecuencia semestral.
- Sacar el transformador de potencia y revisar físicamente estado de escobillas, portaescobillas y estado en general de las bobinas.
- El gabinete eléctrico de programación debe quedar bien cerrado, solo la Recirculación de aire a través de los filtros, porque el área presenta muchos vapores químicos.
- Se debe programar limpieza de módulos, fuente y chasis del PLC cada dos meses, cambio de filtros mensualmente.
- Revisar y ajustar los conectores del polo a tierra para protección del equipo cada seis meses.
- Guardar una copia del programa del PLC y estar comparándola periódicamente, para evitar cambios en el programa que afecten el funcionamiento normal de equipo, si realizan una modificación asegurarse que quede registrada.

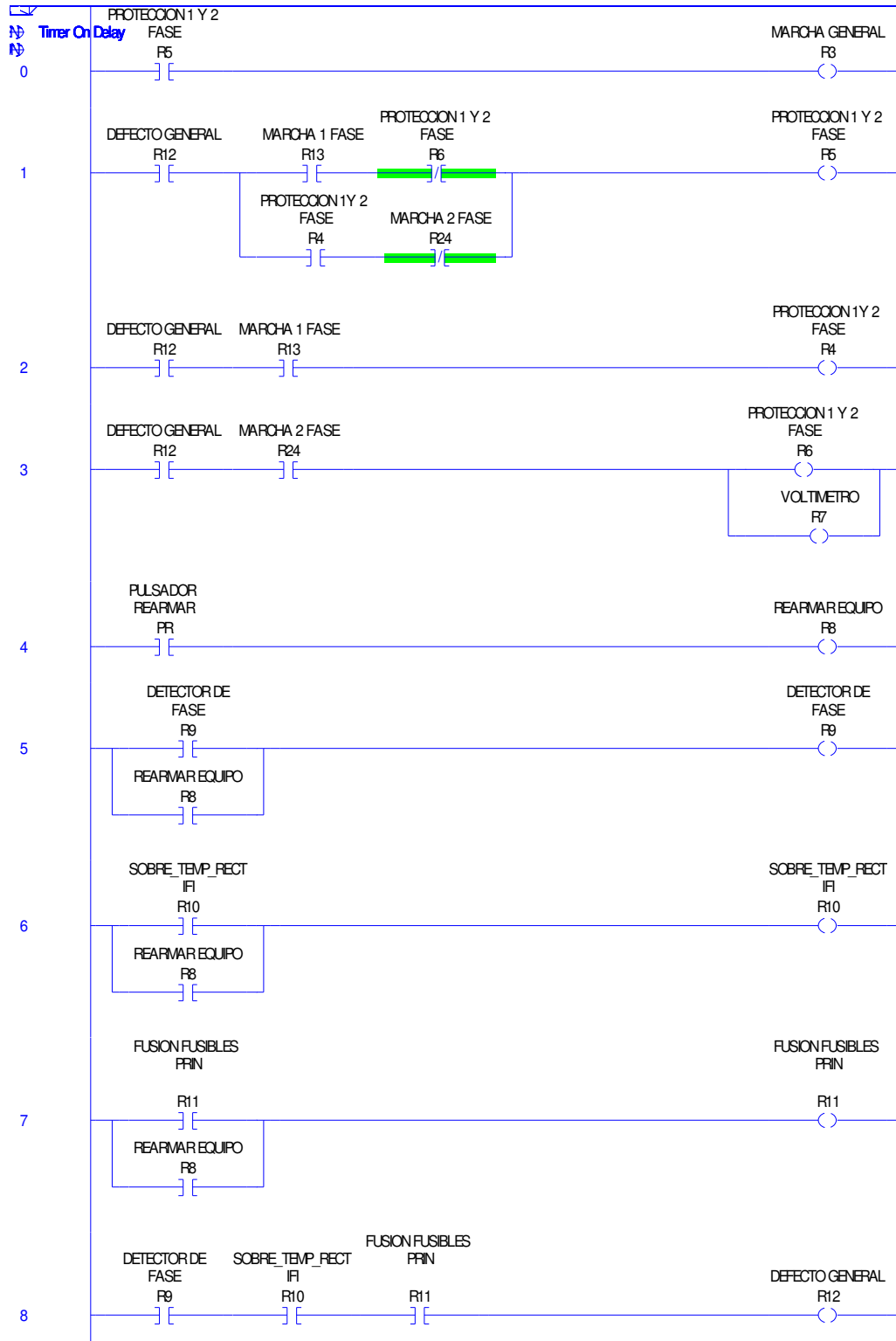
## **BIBLIOGRAFÍA**

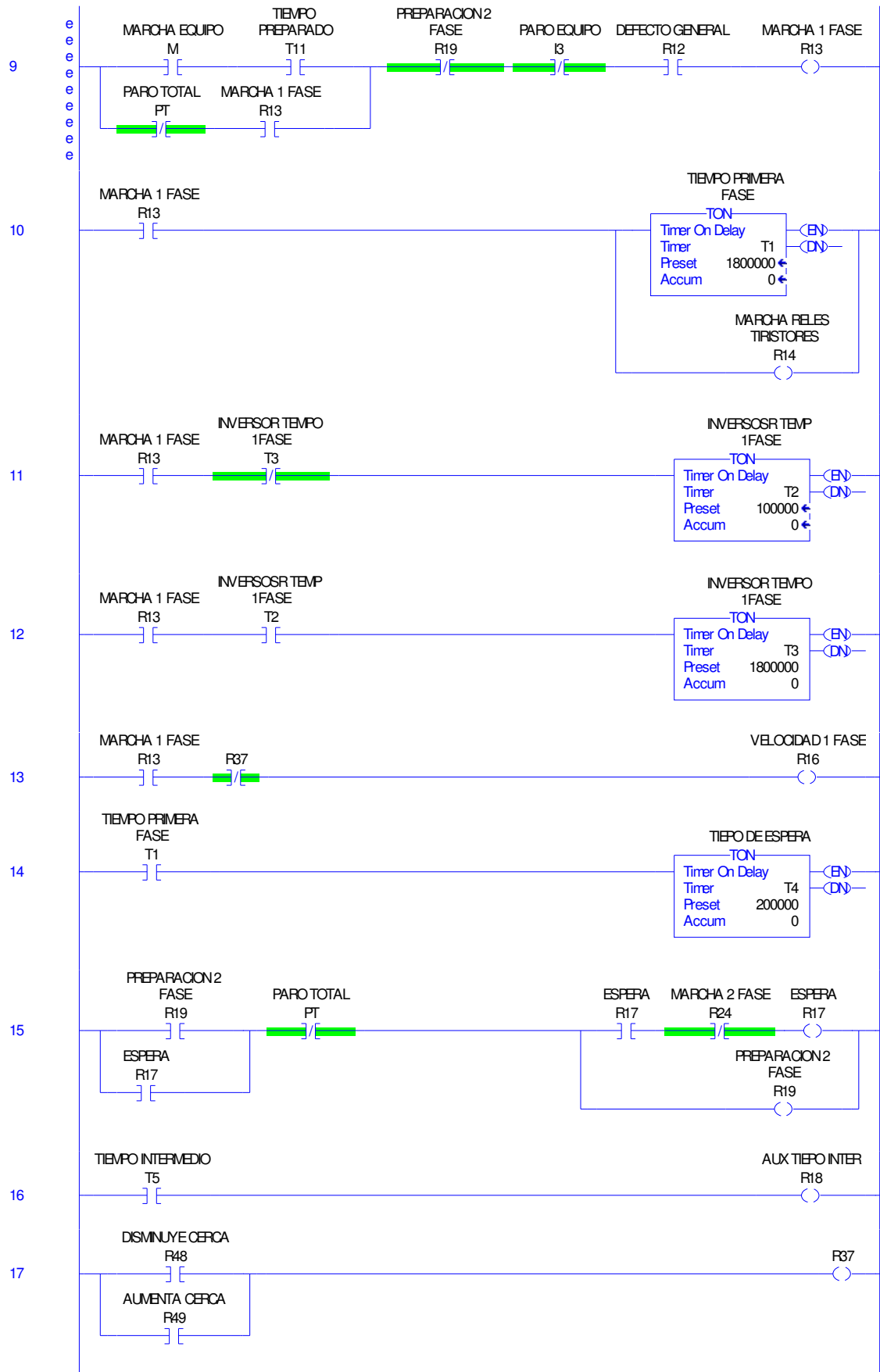
ALVAREZ-SCHAER S.A., ALSAN. Anodizado. Barcelona, España: ALSAN, 1974. [Consultado el 18 de enero de 2006]. Disponible en Internet: <<http://www.alsan.es/anodizado/coloración.htm>>

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Normas colombianas para la presentación de trabajos de investigación. Segunda actualización. Santafé de Bogotá, D.C.: ICONTEC, 1995. p. 24. NTC 1486

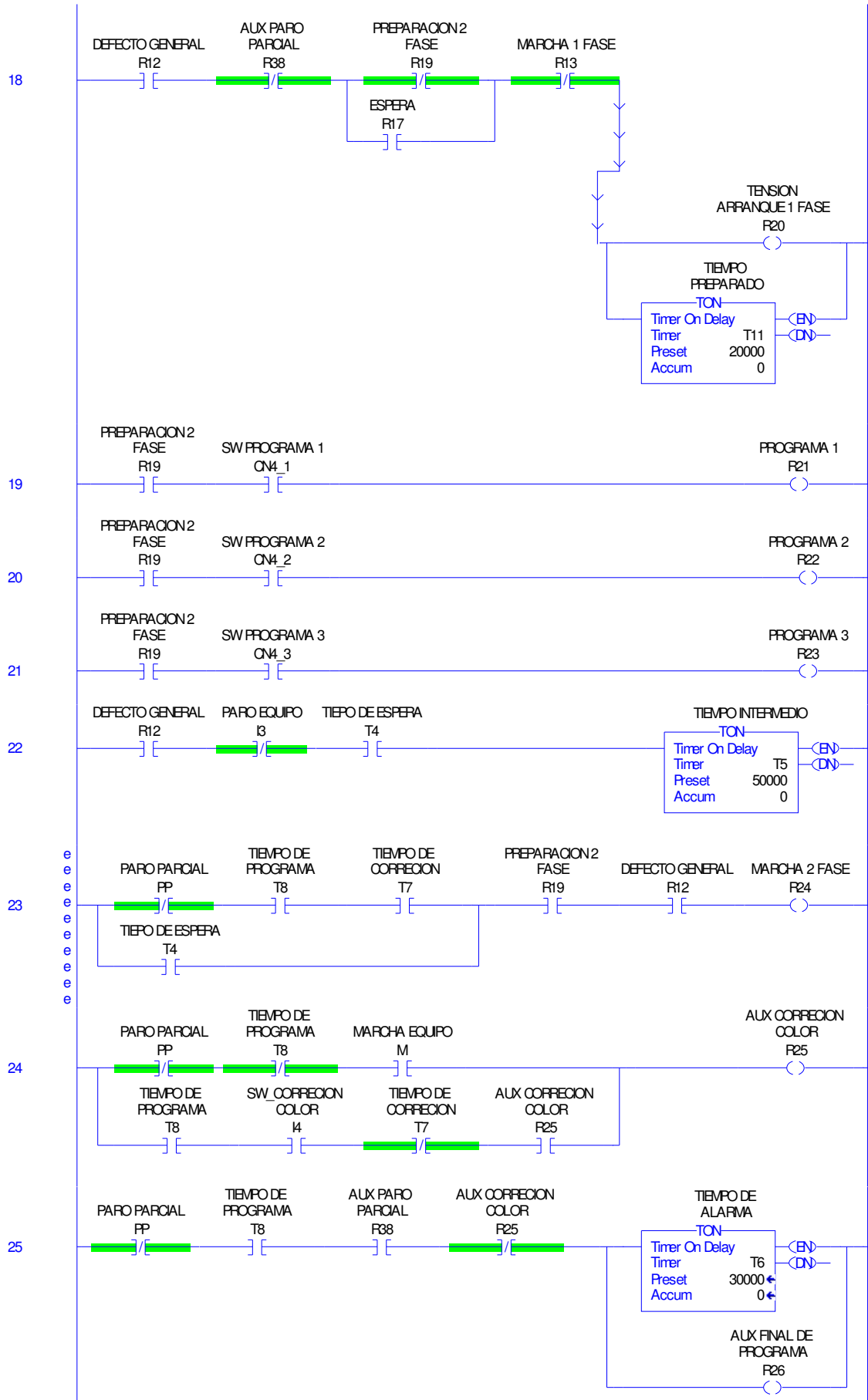
MANUALES ALLEN BRADLEY, Manual de Funcionamiento Equipo Ecolsan. Selection Guide, Rockwel Automation. Barcelona, España. Alianza, 1981. p. 546.

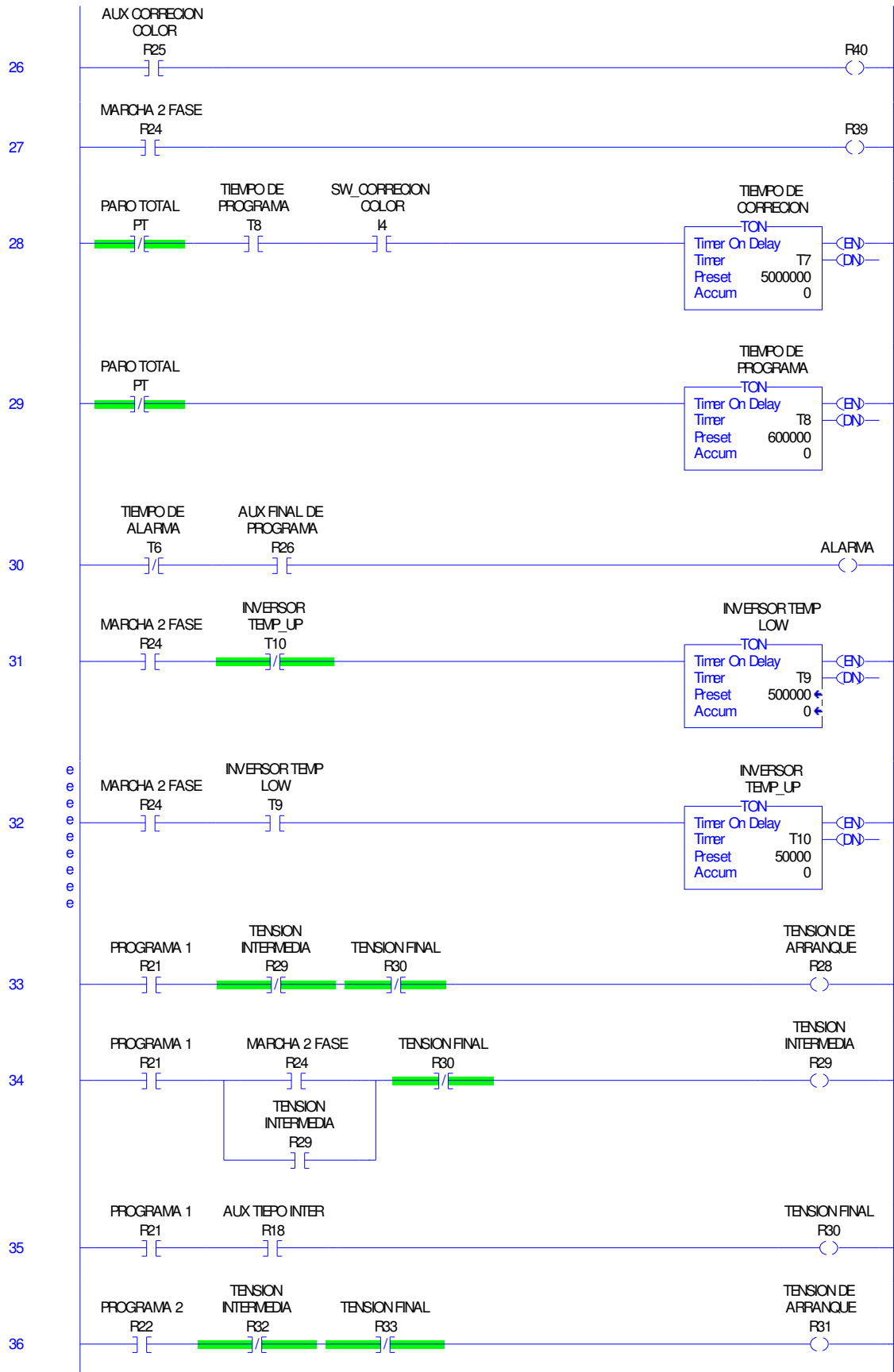
## Anexo 1. Diagrama en Escalera PLC

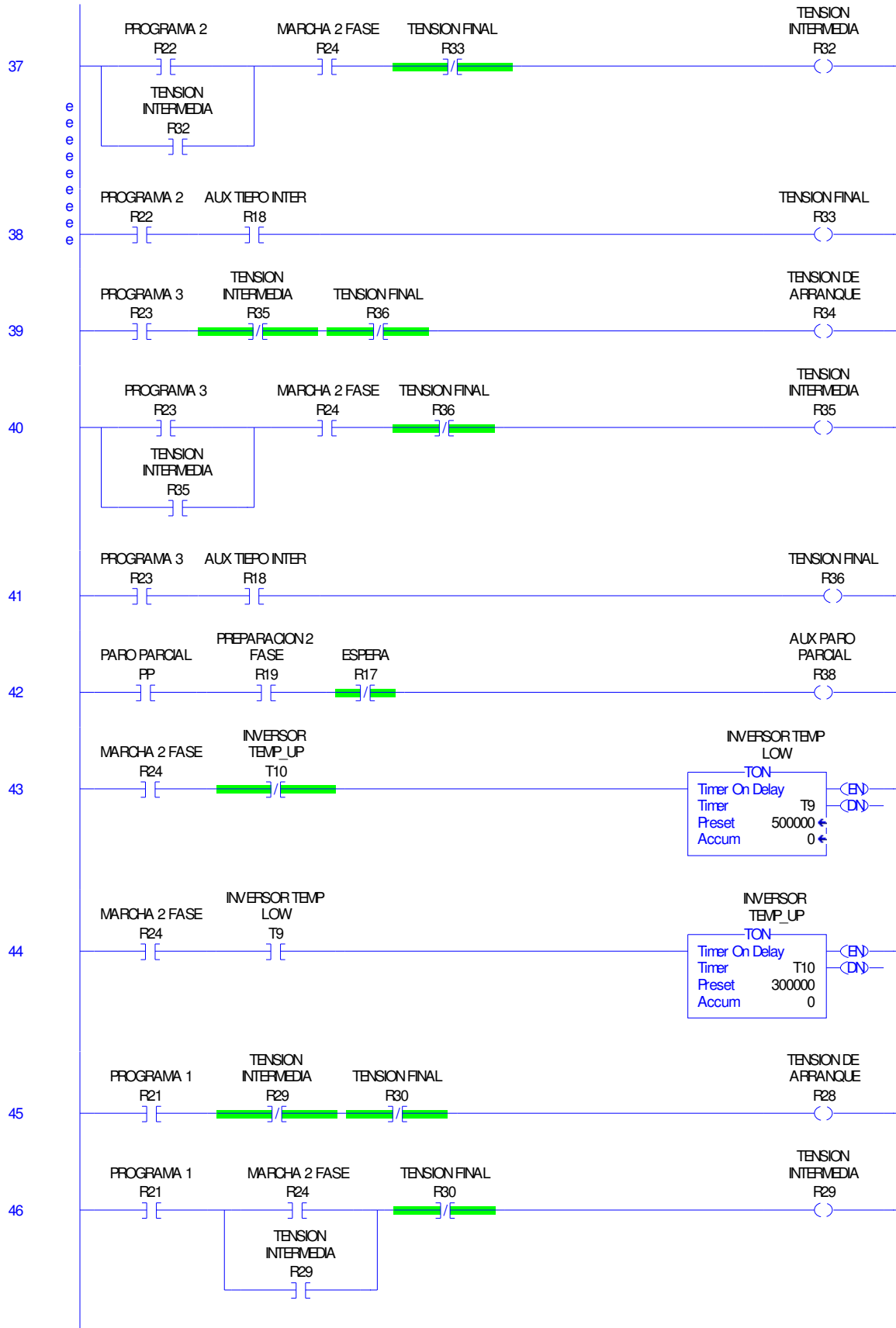


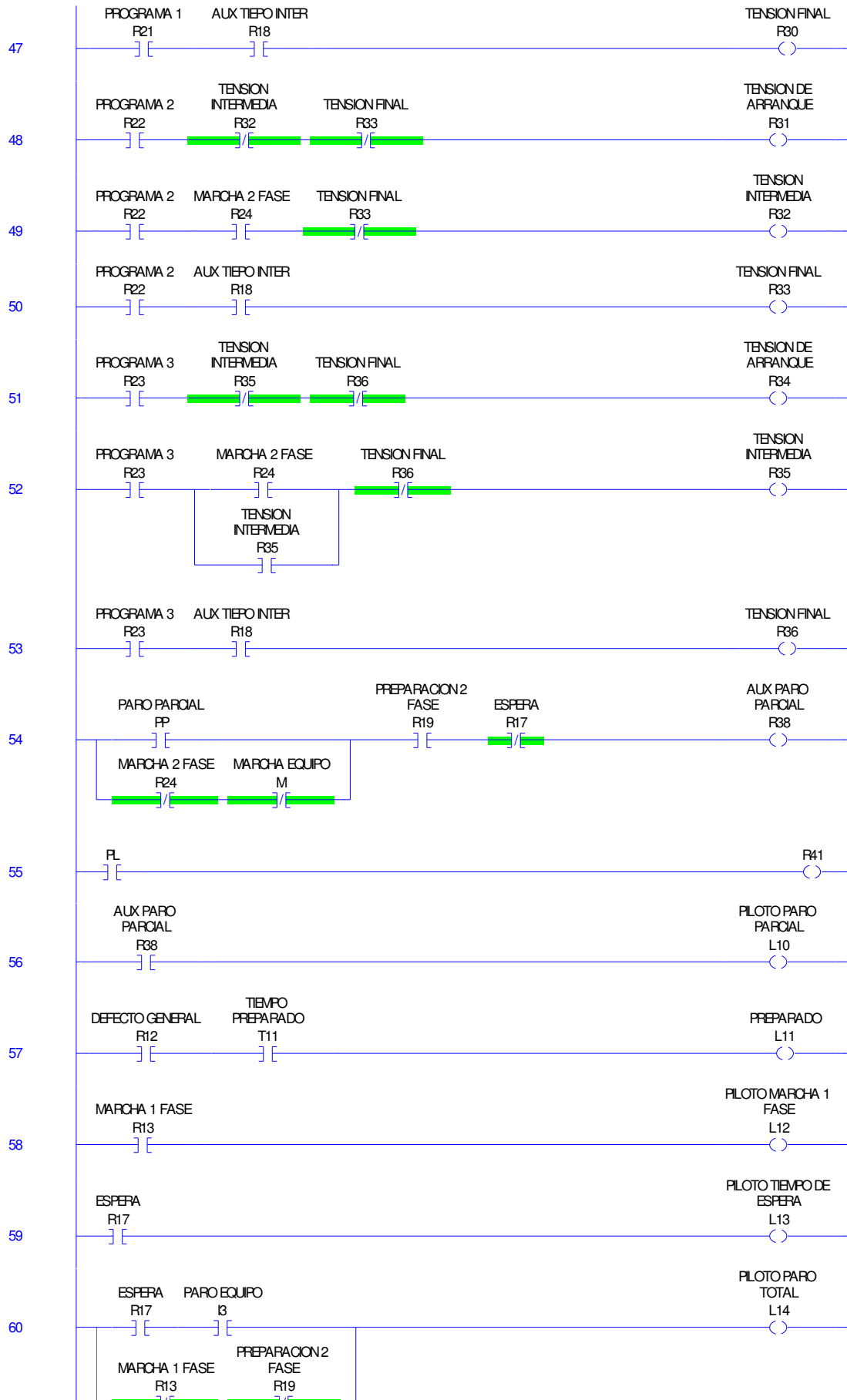


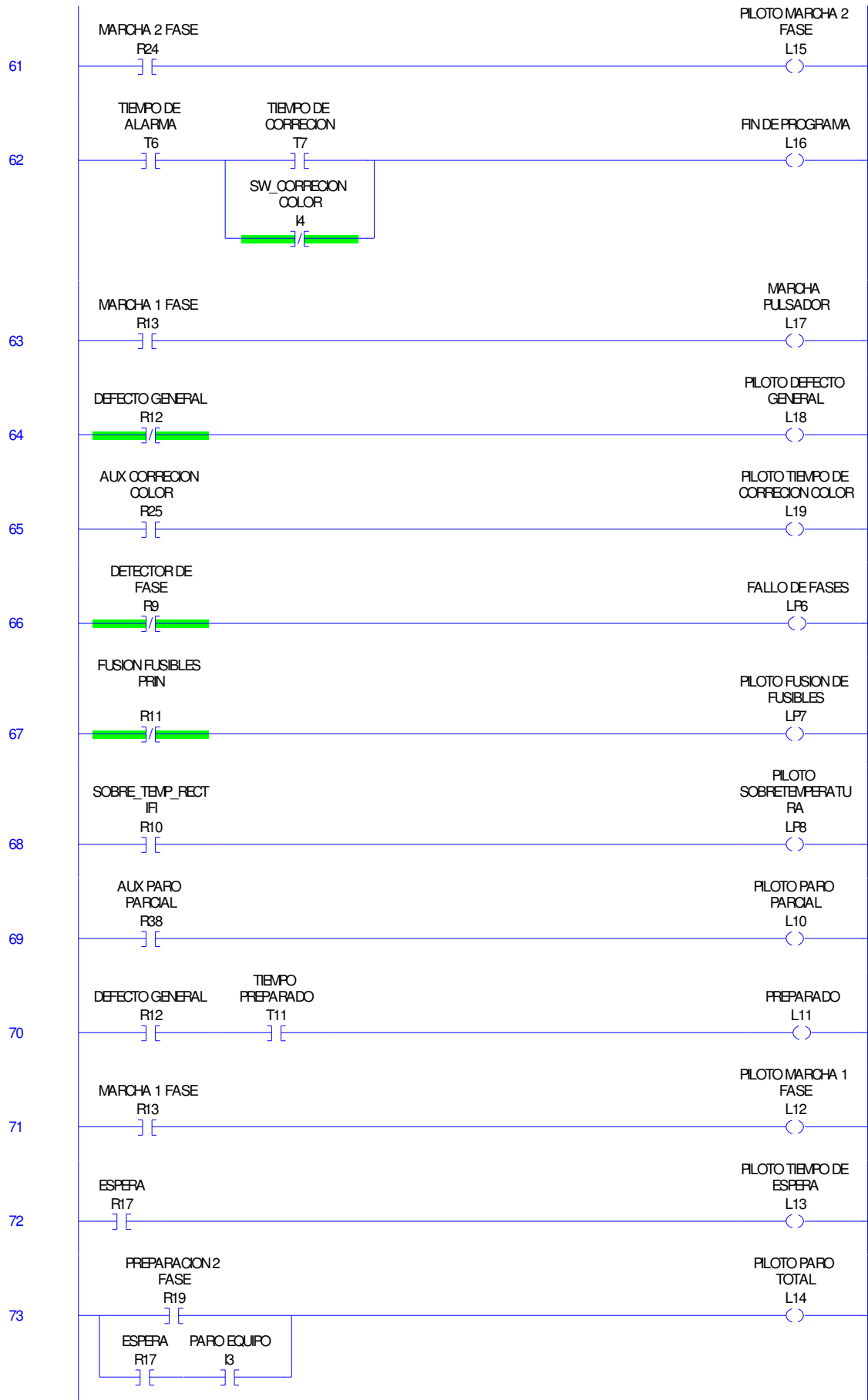


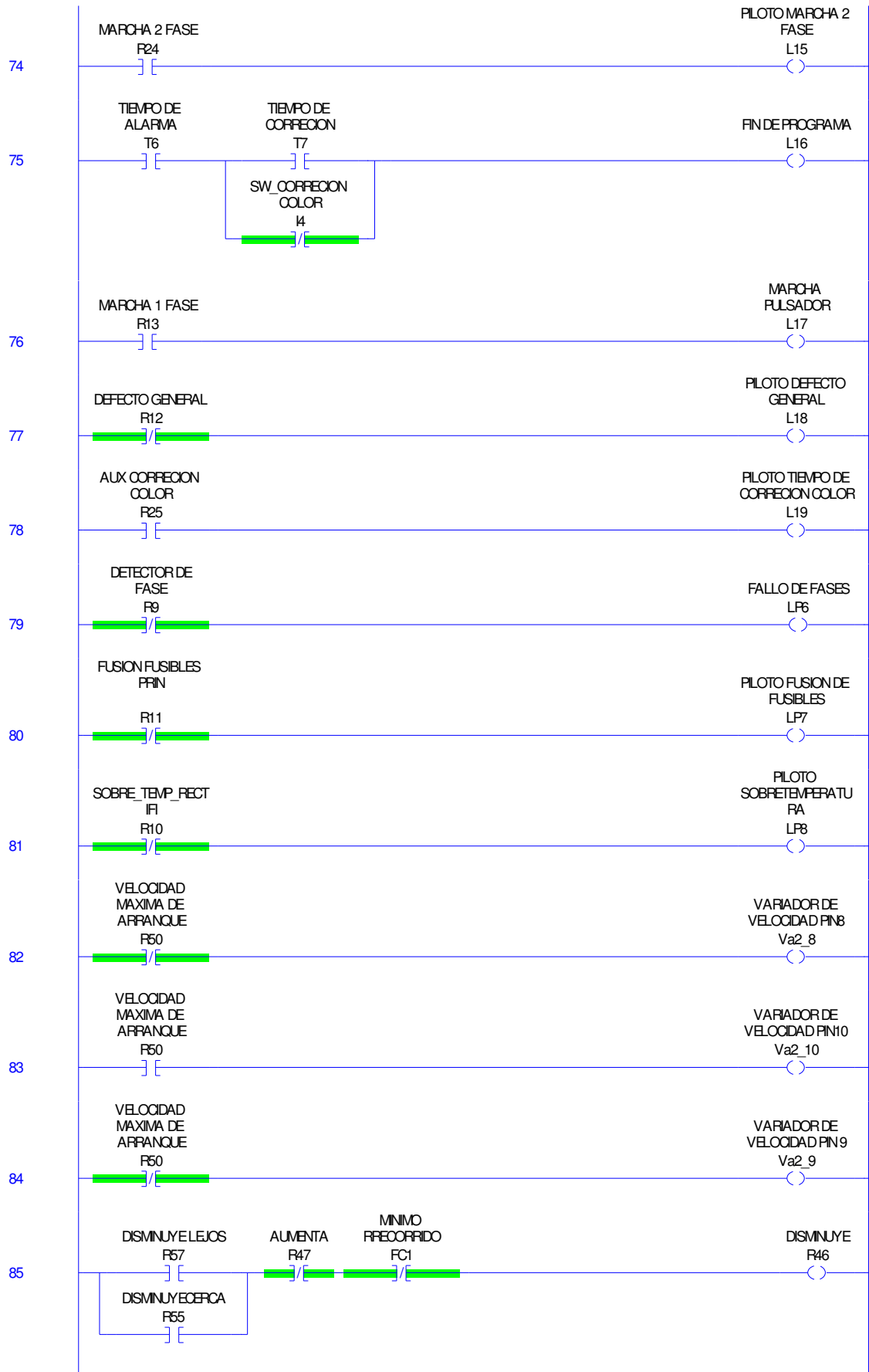


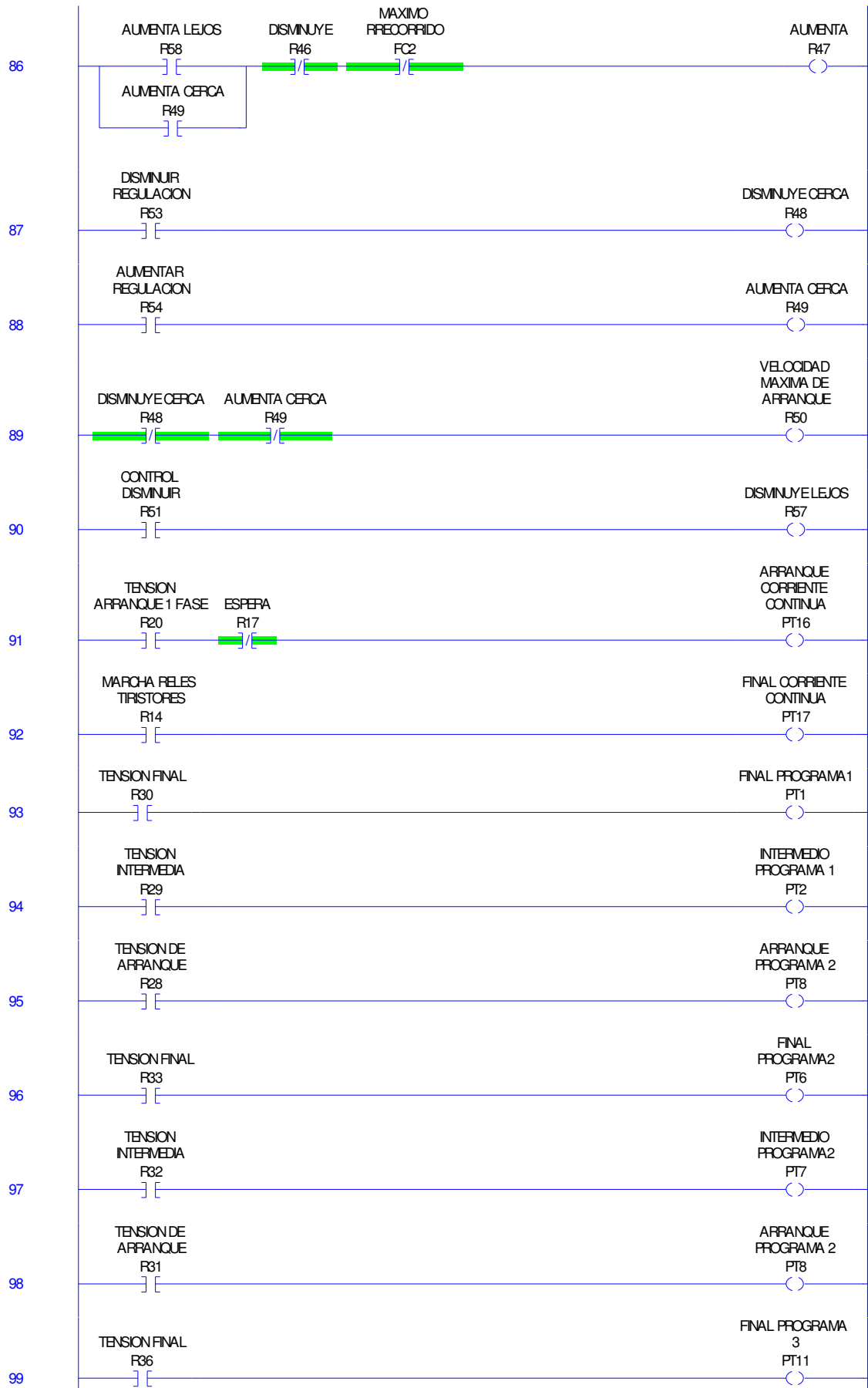


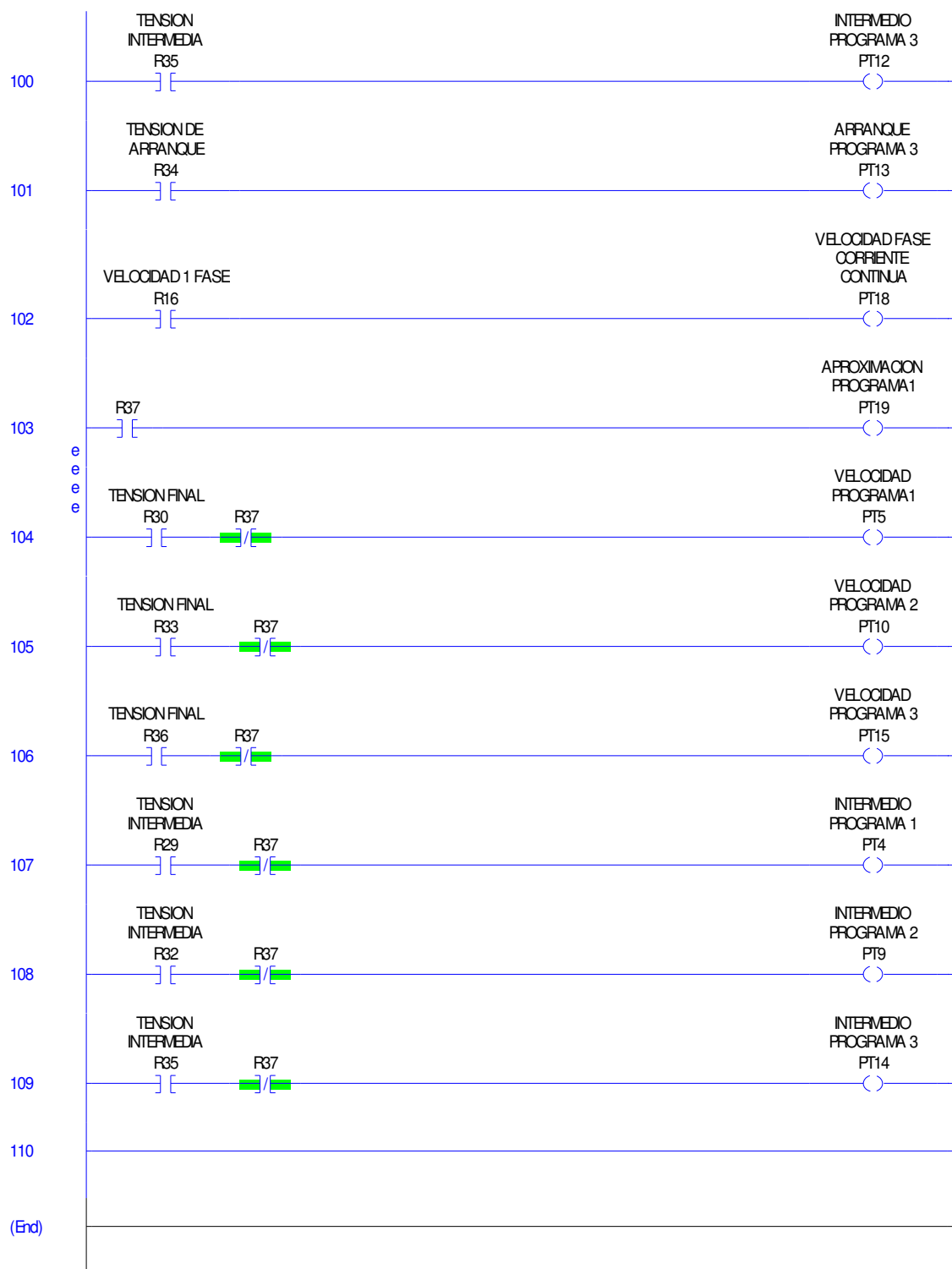














## Anexo 2. Resumen Formato IEEE

### **Pasantía** **Montaje y Programacion de un PLC Allen Bradley** **en el Equipo de Color Elcosan**

Alvarez Rodríguez Carlos Antonio, Código 977390, Estudiante Ingeniería Eléctrica, UAO

**Resumen.-Este documento explica los beneficios y cómo se actualizó tecnológicamente el control de equipo Elcosan, cambiando la lógica cableada por lógica programada, mediante un PLC Marca Allen Bradley.**

**Palabras Clave: ELCOSAN (Equipo que realiza el proceso de coloración electrolítica), PLC (Controles Lógicos Programables)**

#### I. INTRODUCCIÓN

Como trabajo de grado se realizó una pasantía en el Área de Acabados de la empresa ALUMINA S.A., la cual consistió en el desarrollo de un proyecto para el cambio de la lógica cableada por lógica programada (PLC) en un equipo marca ELCOSAN, equipo que realiza el proceso de dar diferentes colores a los perfiles de aluminio según demanda el mercado.

#### II. CÓMO TRABAJA UN EQUIPO ELCOSAN

El equipo ELCOSAN realiza un proceso de coloración electrolítica del Aluminio previamente Anodizado.

La tecnología ELCOSAN está basada en la aplicación de corriente DC/AC a un electrolito a base de estaño, cobre y manganeso en medio ácido sulfúrico.

El equipo ELCOSAN tiene las siguientes características:

Entrada:	440 Volt.	3 fases
Salidas:	0 -35 Volt.	Regulable
	7000 Amp.	AC
	ó 3000 Amp.	DC
Potencia Eléctrica:	245 Kw	

#### III. CÓMO ESTA CONFORMADO UN EQUIPO ELCOSAN

El equipo ECOLSAN esta conformado por:

- Una fuente de potencia que proporciona un voltaje variable desde 0 voltios hasta 36 voltios en dos fases; la primera fase suministra un voltaje DC, el cual se encarga de preparar la capa anodica del aluminio y la segunda fase suministra un voltaje AC, durante la cual se deposita el electrolito a base de estaño en la capa anódica del perfil de aluminio. Los valores de salida de voltaje y el tiempo de duración son prefijados por el operario según el color que desean obtener (ver figura 1).



Fig.1 Gabinete de Conexiones Eléctricas de Potencia

- El tanque de trabajo está fabricado en fibra de vidrio, en un extremo tiene un ánodo y en el otro un cátodo; este tanque contiene una solución

química compuesta por: ácido sulfúrico, sulfato de estaño, estabilizadores y agua, dentro de cual se depositan los perfiles de aluminio, y por los cuales pasa una corriente generada por la fuente de potencia (ver figura 2)



Fig.2 Tanque de Proceso

- C. El panel de programa es un gabinete donde se ajustan las rampas y los tiempos del proceso por medio de potenciómetros (ver figura 3)



Fig.3 Panel de Control

- D. La estación de mando donde el operario realiza el paro y arranque del equipo (ver figura 4)



Fig.4 Gabinete Eléctrico de Mando

#### IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El equipo ELCOSAN presentaba un atraso tecnológico evidenciado por una lógica cableada controlada por más de 270 contactos y otros componentes de accionamiento eléctricos.

Esta cantidad de contactos de los relés hacían que los tiempos de parada por fallas sean muy largos, además los mantenimientos, limpieza y cambios de estos por deterioro eran muy frecuentes, aumentando los costos de mantenimiento y de producción por reprocesos del material.

El panel de Programas no tenía suficiente espacio para detectar fallas.

Las referencias para lograr los diferentes colores se ajustaban por potenciómetros cuyas señales pasaban a través de muchos contactos, generando el debilitamiento o pérdida de estas.

En el panel de control no existía espacio suficiente para realizar controles de variables nuevas que requería el equipo para mejorar la calidad del producto.

No se tenían normalizadas las referencias de las señales de los potenciómetros para unos colores determinados ya que estas variaban mucho y el operario tenía que hacer ajustes constantes.

La adición de los productos químicos y el control de temperatura de los tanques se hacía de forma manual.

## V. BENEFICIOS

En el Equipo ELCOSAN se procesan 300 toneladas de aluminio en el mes, de las cuales, por problemas eléctricos, se reprocesan 3 toneladas mensuales

El proceso de coloración de un Kilo de aluminio cuesta \$2.000, es decir \$2.000.000 la tonelada, luego el costo del reproceso, por problemas eléctricos, asciende a \$6.000.000 por mes.

Si durante el reproceso se pierden las tolerancias de las medidas del perfil exigidas por el cliente, las pérdidas se aumentan. Estas pérdidas tienen un costo de \$10.600.000 por tonelada. El índice de pérdidas por este concepto es de 0.5 toneladas por mes, es decir \$5.300.000 mensuales

El objetivo de tiempos perdidos en el Departamento de Mantenimiento es el 4% del total de las horas programadas por producción. Este objetivo no se cumplía debido a las fallas eléctricas mencionadas con anterioridad, las cuales hacían que este indicador se incrementara al 10%.

En la actualidad, después de implementar las mejoras no se presentan reprocesos por fallas eléctricas y los indicadores de tiempos perdidos se mantienen en el 4%.

Este proyecto se realizó con \$22.029.426. Se observa la reducción en costos teniendo en cuenta que la empresa ALSAN había presentado la siguiente oferta para repontecializar el equipo:

- Diseño del Programa - \$80.000.000
- Montaje del Control y puesta en marcha - \$1.200.000 diarios
- Tiempo estimado - 15 días
- Tiquetes aéreos, alojamiento y transporte del técnico durante las pruebas

Otros beneficios de la repotencialización del equipo ELCOSAN representa para la empresa es el mejoramiento de la calidad del producto y disminución de costos en el Área de Mantenimiento y Producción.

## Beneficios específicos:

- Disminución de tiempos de paro por daños
- Disminución de mantenimientos preventivos y correctivos
- Mayor aprovechamiento de los productos químicos (evitar el desperdicio)
- Mayor productividad
- Normalización de referencia de colores

## VI. DESARROLLO O EJECUCION DEL PROYECTO

A. Se recolectó la siguiente información del equipo ELCOSAN:

- Planos eléctricos de control y potencia, plano número 9677
- Manual de funcionamiento del equipo
- Conexiones en borneras de: la caja de mandos, tablero de control y tablero de potencia
- Manual de fallas del equipo

B. Se verificó punto a punto toda la lógica cableada con los planos de control eléctrico, encontrando algunas modificaciones en el circuito de control que no quedaron documentadas en los planos. Se procedió a hacer la respectiva documentación.

C. Se consultó con el Fabricante los cambios que se realizaron. Se hizo contacto con la persona encargada de la parte de diseño en controles eléctricos en ALSAN (España), Sr. Francisco Graña, quien no vio ningún inconveniente en el desarrollo del proyecto. Sin embargo hizo la siguiente recomendación:

Que se cambiara el panel de programas (potenciómetros) por una interfase entre el operario y la máquina, para prefijar las referencias de los diferentes colores y tener un diagnóstico más amplio de alarmas y estado del equipo en general.

D. Después de realizar los puntos anteriores y con un diagrama de control y potencia actualizado se definió el listado de entradas y salidas y se determinó cuantos módulos se necesitaron para el PLC, tal como se especificó en el presupuesto.

Otra consideración para seleccionar el tipo de módulo de salida que se necesitó, fue la potencia necesitada para activar los elementos finales de control y las salidas de voltaje de los módulos fueron escogidas en AC, como se especificó en el presupuesto.

- E. De acuerdo a los módulos determinados en el punto anterior se seleccionó el chasis apropiado para la aplicación y de acuerdo a la carga instalada entre los módulos y el chasis, se seleccionó la fuente. Después, se seleccionó un sistema de comunicación Control Net, este sistema ya esta siendo utilizado en otros procesos.
- F. Posteriormente se hizo el pedido de los módulos requeridos para el PLC marca Allen Bradley a la empresa Melexa. Como Alumina ya contaba con licencias para programar el PLC, se procedió a la realización de este, tomando como base el plano de control eléctrico.

Durante la programación en RS Logix 5000, Versión 13.3, se conservó la misma documentación y numeración de los componentes de relevación de los planos de control eléctrico.

- G. Se revisó el estado de toda la parte de potencia del equipo ELCOSAN y a pesar que este ha sido muy estable, se encontraron las siguientes anomalías:
- El tanque de trabajo donde se realiza el proceso de electrolisis era metálico revestido por un capa de fibra, porque se necesita que este sea totalmente aislado, pero por causa del tiempo y lo agresivo el área esta capa se fue deteriorando por la parte inferior del tanque. Se realizaron mediciones con un equipo de aislamiento marca Fluke a 500 voltios y se encontró que el tanque estaba aterrizado y no era recomendable repararlo con un nuevo revestimiento, porque según el personal técnico de ALSAN, debe ser totalmente plástico.

Esta sugerencia fue aceptada y el tanque se cambió, lo que generó un primer retraso en la realización del proyecto.

- Se encontraron desgastados los contactos de la etapa de rectificación y las caras de los tiristores referencia SKT-1200/12, lo cual podría causar un daño en esta parte.

Se procedió a cambiar 4 tiristores ya que no realizaba un buen asentamiento y los ocho contactos correspondientes a las caras de los tiristores cambiados, se mandaron a rectificar.

Se tuvo en cuenta la recomendación del Sr. Graña, Técnico del ALSAN de comprar y aplicar una pomada de plata para aplicarle a las caras de los tiristores, con el fin de evitar el problema anterior.

- Las escobillas del transformador se encontraron muy desgastadas, a tal punto que el soporte de una de ellas estaba rozando con una de las bobinas del transformador y estaba deteriorando el aislamiento de ésta.

Se contacto con empresas que prestan el servicio de bobinado, como Transformadores de Colombia y Confecciones Eléctricas para reparar la bobina deteriorada. Estas empresas indicaron que no tenían los mecanismos para la reparación, teniendo que importar una desde España.

Por causa del desgaste de las escobillas el aceite en el cual esta inmerso el transformador se contaminó, motivo por el cual se tuvo que cambiar y hacer mantenimiento al todo el transformador en general.

La instalación de la bobina importada y el mantenimiento del transformador fue hecho por Transformadores de Colombia.

- H. Se hizo la simulación de las secuencia de los tiempos de los programas, operando bien.
- I. Se realizó toda la documentación del proyecto.

## VII. CONCLUSIONES

- Se logró el alcance del proyecto, realizar el programa y probar la secuencia de control, se conservó en el programa los mismos comentarios y nombres de los elementos de relevación del plano eléctrico de control.
- Se debe tener en cuenta el tiempo de consecución de los repuestos importados, por ejemplo los tiristores de potencia, ya que los almacenes y representantes no manejan mínimos de almacén, a pesar que en el proyecto la mayor dificultad y retraso fue la construcción de la bobina que se encontró deteriorada durante la revisión del equipo. Esta fue fabricada en España por la empresa ALSAN ya que localmente no se pudo fabricar ni reparar.
- La idea de la empresa ALUMINA es realizar la automatización del proceso, instalar un sistema de control y adquisición de datos con una red de comunicación entre los diferentes procesos y equipos periféricos. No se realiza toda la automatización por motivos de recursos de dinero y disposición de tiempo de la máquina. Se empezó con la adquisición y programación del PLC. El próximo paso será adquirir y programar una interfaz con el operario.
- Las anomalías encontradas en la revisión de la etapa de potencia evitaron un daño severo en el equipo.
- El cambio del tanque de trabajo disminuyó los tiempos de proceso para todas las referencias, motivo por el cual se disminuyó el consumo de energía en la máquina, ya que se midió el consumo antes y después del cambio de tanque con un analizador de redes marca Circuitron.
- En la empresa ALUMINA existen dos equipos Elcosan se compararon, planos eléctricos y manuales de ambos equipos comprobando el mismo funcionamiento, por esta razón cuando la empresa tenga los recursos de tiempo y dinero se puede realizar el mismo proyecto para el otro equipo.
- Se recomienda incluir en el mantenimiento preventivo de los equipos Elcosan, desarme y revisión de toda la etapa de potencia, con frecuencia semestral.
- Sacar el transformador de potencia y revisar físicamente estado de escobillas, portaescobillas y estado en general de las bobinas.
- El gabinete eléctrico de programación debe quedar bien cerrado, solo la Recirculación de aire a través de los filtros, porque el área presenta muchos vapores químicos.
- Se debe programar limpieza de módulos, fuente y chasis del PLC cada dos meses, cambio de filtros mensualmente.
- Revisar y ajustar los conectores del polo a tierra para protección del equipo cada seis meses.
- Guardar una copia del programa del PLC y estar comparándola periódicamente, para evitar cambios en el programa que afecten el funcionamiento normal de equipo, si realizan una modificación asegurarse que quede registrada.

## REFERENCIAS

- [1] Manuales Allen Bradley, Selection Guide, Rockwell Automation
- [2] <http://www.alsan.es/anodizado/coloracion.htm>
- [3] Planos de Control y Potencia – Equipo Eclosan
- [4] Manuales del Equipo Eclosan
- [5] Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Documentación. Presentación de Tesis, Trabajos de Grado y otros trabajos de investigación.

## VIII. RECOMENDACIONES